

**ANALISIS PENTINGNYA PERAWATAN SISTEM PENDINGIN AIR
LAUT PADA MESIN INDUK CATERPILLAR C32 DI KAPAL FCB
PELICAN CHAMPION**



Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Program Pendidikan Dan
Pelatihan Pelaut (DP) Tingkat I.

MARTINUS DUA
NIS. 25.09.102.021
AHLI TEKNIKA TINGKAT I

PROGRAM DIKLAT PELAUT TINGKAT I POLITEKNIK
ILMU PELAYARAN MAKASSAR
TAHUN 2025

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : MARTINUS DUA

Nomor Induk Perwira Siswa : 25.09.102.021

Jurusan : Ahli Teknika Tingkat I

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul:

**ANALISIS PENTINGNYA PERAWATAN SISTEM PENDINGIN
AIR LAUT PADA MESIN INDUK CATERPILLAR C32 DI
KAPAL FCB PELICAN CHAMPION**

merupakan karya asli. Seluruh ide yang ada dalam KIT tersebut, kecuali tema dan yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide yang saya sendiri.

Jika pernyataan di atas terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.

Makassar, 19 November 2025



MARTINUS DUA
25.09.102.021

**PERSETUJUAN SEMINAR
KARYA ILMIAH TERAPAN**

Judul : **ANALISIS PENTINGNYA PERAWATAN SISTEM
PENDINGIN AIR LAUT PADA MESIN INDUK
CATERPILLAR C32 DI KAPAL FCB PELICAN
CHAMPION**

Nama Pasis : MARTINUS DUA

NIS : 25.09.102.021

Program Diklat : Ahli Teknika Tingkat I


Dengan ini dinyatakan telah memenuhi syarat untuk di seminarkan


Makassar, 19 Nov 2025

Menyetujui,

Pembimbing I


Pembimbing II


Ir. Alberto, S.Si.T., M.Mar.E., M.A.P
NIP. 19760409 200604 1 001


Fandi, S.T., M.Mar.E
NIP.19831202201021005

Mengetahui:

MANAGER DIKLAT TEKNIS,
PENINGKATAN DAN PENJENJANGAN


Ir. Suyuti, M.Si., M.Mar.E
NIP. 19680508 200212 1 002

**ANALISA MENINGKATNYA TEMPERATUR JACKET COOLING
PADA MESIN INDUK DI ATAS KAPAL FCB PELICAN CHAMPION**

Disusun dan Diajukan Oleh

MARTINUS DUA

NIS. 25.09.102.021

Ahli Teknika Tingkat I


Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian KIT

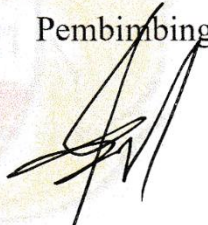
Pada Tanggal 19 November 2025

Menyetujui,

Pembimbing I


Pembimbing II


Ir. Alberto, S.Si.T., M.Mar.E., M.A.P
NIP. 19760409 200604 1 001


Fandi, S.T., M.Mar.E
NIP. 19831202201021005

Mengetahui:

a.n. Direktur
Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
Pembantu Direktur 1


Capt. Faisal Saransi, MT., M.Mar
NIP. 19750329 199903 1 002

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah terapan ini yang berjudul "ANALISIS PENTINGNYA PERAWATAN SISTEM PENDINGIN AIR LAUT PADA MESIN INDUK CATERPILLAR C32 DI KAPAL FCB PELICAN CHAMPION ", meskipun dalam keterbatasan waktu dan berbagai tantangan. Penyusunan karya tulis ini adalah bagian dari syarat kelulusan kurikulum Diklat Teknik Profesi Kepelautan, Program Studi Teknik Tingkat I, guna mencapai kompetensi pelaut sebagai pemegang Sertifikat Ahli Teknik Tingkat I (ATT – I) di Politeknik Ilmu Pelayaran (PIP) Makassar.

Penulis menyadari bahwa karya ini masih jauh dari sempurna, terutama dalam keterbatasan teori dan tata bahasa yang benar. Dengan demikian, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan karya ini di masa mendatang.

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada:

1. Capt. Rudy Susanto, M.Pd., selaku Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran (PIP) Makassar.
2. Bapak Ir. Suyuti, M.Si., M.Mar.E., selaku Manager Diklat Teknis, Peningkatan, dan Penjenjangan di Politeknik Ilmu Pelayaran (PIP) Makassar.
3. Bapak Ir. Alberto, S.Si.T., M.Mar.E., M.A.P selaku pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan arahan dengan sabar dan teliti.
4. Bapak Fandi, S.T., M.Mar.E selaku pembimbing II yang juga dengan kesabaran membimbing dalam penyusunan karya ini.
5. Seluruh dosen dan staf Politeknik Ilmu Pelayaran (PIP) Makassar.
6. Orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan dukungan, cinta, dan doa.
7. Rekan-rekan peserta Diklat ATT I Angkatan 2025.
8. Semua pihak yang telah membantu, namun tidak bisa disebutkan satu per satu.

Penulis juga menyampaikan terima kasih yang mendalam kepada orang tua dan keluarga yang selalu memberikan cinta, dukungan, serta doa. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada seluruh dosen, staf, serta rekan-rekan pasis di Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar yang telah memberikan motivasi dan dorongan selama proses penyusunan karya ilmiah ini. Tak lupa, penghargaan juga diberikan kepada pihak-pihak lain yang telah membantu, namun tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa karya tulis ilmiah ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan karya ini di masa mendatang. Akhir kata, penulis berharap karya ilmiah ini dapat memberikan manfaat dan wawasan bagi pembaca, khususnya yang berkecimpung di bidang kelautan, serta dapat menjadi referensi yang bermanfaat di dunia pelayaran..

Makassar, 15 November 2025



MARTINUS DUA

25.09.102.021

ABSTRAK

MARTINUS DUA , “ANALISIS PENTINGNYA PERAWATAN SISTEM PENDINGIN AIR LAUT PADA MESIN INDUK CATERPILLAR C32 DI KAPAL FCB PELICAN CHAMPION”. (Dibimbing oleh Alberto dan)

Sistem pendingin pada mesin induk kapal berperan penting dalam menjaga suhu operasional agar tetap stabil dan mencegah terjadinya overheating. Pada kapal FCB PELICAN CHAMPION, sistem jacket cooling mengalami peningkatan temperatur hingga mencapai 98°C, jauh di atas batas normal (75–80°C). Kejadian ini membahayakan kinerja mesin dan keselamatan operasional kapal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis penyebab utama meningkatnya suhu jacket cooling serta memberikan rekomendasi perbaikan dan langkah pencegahan.

Kejadian berlangsung pada tanggal 10 Maret 2025 di ruang mesin kapal FCB PELICAN CHAMPION saat beroperasi di perairan Bintulu Sarawak Malaysia. Kapal jenis Offshore Tug/Supply Ship ini memiliki beban kerja tinggi karena berfungsi sebagai towing, anchor handling, dan firefighting. Selama inspeksi, ditemukan bahwa filter pendingin tersumbat oleh lumpur dan organisme laut, sedangkan plat heat exchanger dipenuhi endapan garam dan biofilm yang mengurangi efisiensi perpindahan panas.

Hasil analisis menunjukkan bahwa penyebab utama peningkatan suhu adalah penyumbatan pada filter air laut dan scaling pada plat heat exchanger. Setelah dilakukan pembersihan kedua komponen tersebut, suhu jacket cooling kembali stabil pada 80°C. Dari penelitian ini disimpulkan bahwa perawatan rutin sangat penting untuk menjaga keandalan sistem pendingin. Saran yang diberikan adalah melakukan pembersihan filter setiap 2 minggu dan chemical cleaning heat exchanger setiap 6 bulan.

Kata kunci : jacket cooling, heat exchanger, preventif maintenance.

ABSTRACT

MARTINUS DUA 2026, "ANALYSIS OF THE IMPORTANCE OF SEA WATER COOLING SYSTEM MAINTENANCE ON MAIN ENGINE CATERPILLAR C32 ABOARD FCB PELICAN CHAMPION" (Supervised by Alberto and...)

The cooling system on a ship's main engine plays a crucial role in maintaining stable operational temperatures and preventing overheating. On board the FCB PELICAN CHAMPION, the jacket cooling system experienced an increase in temperature reaching up to 98°C, far above the normal range of 75–80°C. This incident posed a risk to the engine's performance and the vessel's operational safety. The objective of this research is to analyze the primary causes of the increased jacket cooling temperature and to provide recommendations for corrective actions and preventive measures.

The incident occurred on March 10, 2025, in the engine room of the FCB PELICAN CHAMPION while the vessel was operating in the waters of the Bintulu Sarawak Malaysia. As an Offshore Tug/Supply Ship vessel, it operates under high workload due to its functions in towing, anchor handling, and firefighting operations. During inspection, it was found that the cooling filter was clogged with mud and marine organisms, while the heat exchanger plates were coated with salt deposits and biofilm, which reduced the efficiency of heat transfer.

The analysis results showed that the main causes of the temperature rise were blockage in the seawater filter and scaling on the heat exchanger plates. After cleaning both components, the jacket cooling temperature returned to a stable 80°C. This study concludes that regular maintenance is essential to ensure the reliability of the cooling system. The recommendations provided include cleaning the filters every two weeks and performing chemical cleaning of the heat exchanger every six months..

Keywords: jacket cooling, heat exchanger, preventive maintenance.

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|---------|
| HALAMAN SAMPUL | i |
| HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN | ii |
| HALAMAN PERSETUJUAN | iii |
| HALAMAN PENGESAHAN | iv |
| KATA PENGANTAR | v |
| ABSTRAK | vii |
| ABSTRACT | viii |
| DAFTAR ISI | ix |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR TABEL | xii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| A. Latar Belakang | 1 |
| B. Rumusan Masalah | 3 |
| C. Batasan Masalah | 3 |
| D. Tujuan Penelitian | 3 |
| E. Manfaat Penelitian | 3 |
| F. Hipotesis | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| A. Mesin Induk Kapal | 5 |
| B. Sistem Pendinginan Mesin Induk | 6 |
| C. Sea Chest Kapal | 10 |
| D. Filter Pendingin Mesin Induk Kapal | 13 |
| E. Heat Exchanger di Kapal (Plate Type) | 20 |
| F. Kerangka Pikir Penelitian | 25 |
| BAB III ANALISIS DAN PEMBAHASAN | 26 |
| A. Lokasi Kejadian | 26 |
| B. Situasi dan Kondisi | 28 |
| C. Analisis Data | 33 |
| D. Pembahasan | 37 |

| | |
|-----------------------------|----|
| BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN | 44 |
| A. Kesimpulan | 44 |
| B. Saran | 44 |
| DAFTAR PUSTAKA | 45 |
| LAMPIRAN | 47 |
| RIWAYAT HIDUP | 51 |

DAFTAR GAMBAR

| Nomor | Halaman |
|--|---------|
| Gambar 1 Sistem Pendingin Mesin Induk | 9 |
| Gambar 2 Sea Water Filter Basket | 16 |
| Gambar 3 Plate Type Heat Exchanger | 20 |
| Gambar 4 Konstruksi Plat Type Heat Exchanger | 21 |
| Gambar 5 Kotoran Pada Filter Pendingin | 34 |
| Gambar 6 Kotoran pada plat-plat heat exchanger | 36 |
| Gambar 7 Pembersihan Heat Exchanger | 42 |

DAFTAR TABEL**viii**

| | |
|--|----|
| Tabel 1 Ship Particular FCB PELICAN CHAMPION | 25 |
| Tabel 2 Data Rata-Rata Kondisi Normal Mesin Induk | 27 |
| Tabel 3 Data Kondisi Abnormal Mesin Induk | 29 |
| Tabel 4 Data Kondisi Setelah Perbaikan Mesin Induk | 31 |
| Tabel 5 Kondisi Operasional <i>Heat Exchanger</i> | 32 |
| Tabel 6 Pembersihan Rutin Filter Pendingin | 40 |
| Tabel 7 Perawatan rutin pada heat exchanger | 40 |
| Tabel 8 Perawatan rutin pada heat exchanger | 42 |

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Mesin induk kapal bekerja dalam kondisi ekstrem dengan beban kerja tinggi dan durasi operasi yang panjang. Dalam proses kerjanya, mesin menghasilkan panas yang sangat besar akibat pembakaran bahan bakar di dalam ruang silinder. Untuk menjaga mesin tetap bekerja dalam kondisi ideal, diperlukan sistem pendinginan yang andal. Salah satu sistem yang digunakan secara luas adalah jacket cooling system, yaitu sistem pendingin air tawar tertutup yang mengalirkan cairan pendingin di sekitar dinding silinder mesin untuk menyerap panas dan menjaga temperatur tetap stabil.

Sistem jacket cooling dirancang agar suhu air pendingin tetap berada pada rentang optimal, yakni sekitar 75–80°C. Ketika temperatur melebihi batas tersebut, maka terjadi penurunan efisiensi termal mesin, peningkatan keausan komponen, serta risiko kerusakan serius seperti deformasi logam dan pecahnya gasket. Untuk itu, sistem ini dilengkapi dengan pompa sirkulasi, thermostatic valve, dan heat exchanger untuk mengatur laju dan temperatur pendingin yang mengalir.

Gangguan pada salah satu komponen tersebut, baik berupa penyumbatan, penurunan performa pompa, atau efisiensi heat exchanger yang menurun, dapat mengganggu kestabilan suhu sistem. Selain itu, kontaminasi air pendingin oleh karat, oli, atau partikel padat juga dapat memengaruhi kemampuan perpindahan panas. Oleh karena itu, pemantauan rutin dan perawatan berkala pada sistem jacket cooling sangat penting untuk mencegah kerusakan dini pada mesin.

Dalam dunia pelayaran, khususnya kapal yang beroperasi di wilayah bersuhu tinggi seperti Bintulu Sarawak Malaysia, sistem pendingin bekerja lebih berat karena suhu lingkungan yang tinggi turut memengaruhi temperatur operasi mesin. Hal ini menambah tantangan tersendiri bagi perwira mesin dalam menjaga kestabilan sistem pendingin. Kegagalan pada sistem ini bukan hanya menghambat kinerja kapal, namun juga berdampak pada keselamatan operasional secara keseluruhan. Selama saya bertugas sebagai Second Engineer di atas kapal FCB PELICAN CHAMPION, yang aktif beroperasi di perairan Bintulu Sarawak Malaysia untuk mendukung

kegiatan penanganan jangkar, towing, dan firefighting, saya mengalami langsung permasalahan yang berkaitan dengan sistem pendingin mesin induk. Pada tanggal 10 Maret 2025, saat kapal sedang dalam persiapan operasi offshore, terjadi peningkatan temperatur jacket cooling hingga 98°C, jauh di atas batas normal. Kondisi ini memicu alarm suhu tinggi di ruang kontrol mesin.

Setelah alarm berbunyi, dilakukan pengecekan cepat oleh tim mesin terhadap komponen utama sistem pendingin, seperti pompa sirkulasi, thermostatic valve, dan heat exchanger. Tidak ditemukan kebocoran yang signifikan, namun aliran air terasa tidak stabil. Suhu tetap tinggi meskipun beban mesin tidak terlalu besar saat itu, sehingga dicurigai adanya hambatan dalam sistem sirkulasi atau penurunan performa pendinginan.

Kondisi ini terus berulang dalam beberapa jam berikutnya, dan akhirnya kapal perlu menurunkan putaran mesin untuk menjaga suhu tetap terkendali. Langkah ini berdampak langsung terhadap efisiensi operasional kapal dan keterlambatan dalam penyelesaian tugas offshore. Kejadian ini menandakan bahwa masalah peningkatan temperatur jacket cooling bukan bersifat insidental, namun berkaitan erat dengan kondisi teknis sistem pendingin yang harus dianalisis lebih lanjut.

Oleh karena itulah, penulis mengangkat kejadian ini kedalam Karya Ilmiah Terapan dengan judul ***“ANALISIS PENTINGNYA PERAWATAN SISTEM PENDINGIN AIR LAUT PADA MESIN INDUK CATERPILLAR C32 DI KAPAL FCB PELICAN CHAMPION”*** untuk menganalisa penyebab meningkatnya temperatur jacket cooling pada mesin induk di atas kapal FCB PELICAN CHAMPION, dengan harapan dapat mengidentifikasi akar masalah secara teknis, mengevaluasi performa sistem pendingin, serta memberikan rekomendasi langkah perbaikan dan pencegahan yang aplikatif di lapangan. Penelitian ini diharapkan tidak hanya membantu menyelesaikan permasalahan yang terjadi, tetapi juga memberikan kontribusi terhadap keselamatan dan keandalan mesin kapal secara menyeluruh.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah: apa penyebab peningkatan temperatur jacket cooling pada mesin induk FCB PELICAN CHAMPION?

C. Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah, maka batasan masalah yang ditetapkan adalah:

1. Penelitian hanya membahas sistem pendingin jacket cooling mesin induk.
2. Pemeriksaan difokuskan pada heat exchanger dan filter pendingin mesin induk.

D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan khusus dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui penyebab utama gangguan pendinginan mesin induk.
2. Memberikan saran perbaikan dan perawatan sistem pendingin.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik secara teoritis maupun praktis dalam upaya memahami penyebab peningkatan temperature jacket cooling mesin induk di kapal.

1. Manfaat Teoritis
 - a. Memberikan referensi teknis mengenai analisa gangguan pada sistem pendingin mesin induk kapal, khususnya sistem jacket cooling.
 - b. Menambah kajian literatur tentang pentingnya pemeliharaan rutin komponen seperti plate heat exchanger dan filter pendingin dalam sistem mesin kapal..
2. Manfaat Praktis
 - a. Menjadi acuan bagi perwira mesin dalam melakukan deteksi dini dan penanganan suhu berlebih pada sistem pendingin.
 - b. Memberikan masukan perbaikan prosedur inspeksi dan perawatan sistem pendingin di kapal yang beroperasi di wilayah bersuhu tinggi..

F. Hipotesis

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka hipotesis yang dapat dikemukakan adalah:

Diduga terjadi penumpukan kotoran pada filter pendingin dan terjadinya Scaling pada Plat Heat Exchanger sistem pendingin sehingga berkontribusi pada kenaikan temperatur jacket cooling mesin induk di kapal FCB PELICAN CHAMPION.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Mesin Induk Kapal

Mesin induk kapal merupakan pusat penggerak utama yang menyediakan tenaga untuk menggerakkan propeller kapal. Mayoritas kapal niaga dan offshore menggunakan mesin diesel sebagai mesin induk karena keandalannya dalam menghasilkan daya besar dengan konsumsi bahan bakar yang efisien. Mesin diesel bekerja berdasarkan prinsip pembakaran internal di mana udara dikompresi hingga suhu tinggi, lalu bahan bakar disemprotkan dan terbakar dengan sendirinya tanpa bantuan busi.

Jenis mesin induk yang digunakan di kapal umumnya dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. **Mesin Diesel 2 Langkah (Two-Stroke Diesel Engine)**

Banyak digunakan pada kapal besar seperti tanker dan bulk carrier karena kemampuannya menghasilkan torsi besar pada putaran rendah.

2. **Mesin Diesel 4 Langkah (Four-Stroke Diesel Engine)**

Umumnya dipakai pada kapal kecil hingga menengah, termasuk kapal tunda (tugboat), karena lebih kompak dan fleksibel dalam instalasi.

Menurut Stanivuk et al. (2021), mesin diesel kapal menghasilkan suhu ruang bakar yang sangat tinggi dan tekanan pembakaran yang besar. Hal ini memerlukan sistem pendingin dan pelumasan yang optimal untuk memastikan komponen seperti piston, silinder liner, dan kepala silinder tetap bekerja dalam kondisi aman.

Dalam operasinya, mesin induk bekerja terus-menerus dalam waktu lama, terutama saat kapal berlayar atau melakukan aktivitas offshore. Beban termal yang tinggi, ditambah kondisi lingkungan ekstrem seperti suhu laut tinggi dan kelembapan, meningkatkan tantangan dalam menjaga performa mesin (Zhou et al., 2023). Suhu yang tidak terkendali dapat menyebabkan overheating, deformasi komponen logam, kerusakan gasket, dan bahkan failure total pada mesin.

Oleh karena itu, sistem pendukung seperti sistem pendingin (cooling system), sistem pelumasan (lubrication system), dan sistem bahan bakar (fuel injection system) harus berjalan secara andal dan terintegrasi. Pada mesin diesel modern, seperti yang digunakan di kapal tug offshore, pengontrolan suhu mesin

menjadi salah satu parameter utama yang dimonitor secara real-time melalui sensor suhu dan alarm sistem.

Penggunaan sistem manajemen mesin berbasis elektronik juga menjadi tren dalam 5 tahun terakhir. Sistem ini memungkinkan pemantauan performa termal mesin, mendeteksi anomali suhu sejak dini, dan mengatur beban secara otomatis untuk menghindari overheat (Guojin et al., 2020).

B. Sistem Pendinginan Mesin Induk

Menurut Arifin, M., et al. (2021) Sistem pendingin adalah suatu system yang berfungsi untuk menjaga supaya temperatur mesin dalam kondisi yang ideal. Mesin yang dipasang pada kapal dirancang untuk bekerja dengan efisien maksimal dan berjalan selama berjam-jam berjalan lamanya. Hilangnya energy paling sering dan maksimum dari mesin adalah dalam bentuk energi panas, untuk menghilangkan energi panas yang berlebihan harus menggunakan media pendingin (Cooler) untuk menghindari gangguan fungsional mesin atau kerusakan pada mesin. Untuk itu, sistem air pendingin dipasang pada kapal. Sebelum membahas lebih lanjut, terlebih dahulu perlu diketahui pengertian pendingin. Agar body motor diesel terpelihara dari panas, maka panas yang timbul harus dapat dikendalikan. Keadaan tersebut hanya bisa diatasi dengan cara mengedarkan (Mensirkulasi) media pendingin dengan tekanan yang konstan keseluruh komponen motor induk seperti cylinder jacket cooling, cylinder heat. Sistem ini harus menjadi pengawasan bagi para crew mesin agar aliran pendingin selalu lancar.

Sistem pendinginan dalam mesin adalah suatu sistem yang berfungsi untuk menjaga supaya temperatur mesin dalam kondisi yang ideal. Mesin pembakaran dalam (maupun luar) melakukan proses pembakaran untuk menghasilkan energi dan dengan mekanisme mesin diubah menjadi tenaga gerak. Mesin bukan instrumen dengan efisiensi sempurna, panas hasil pembakaran tidak semua terkonversi menjadi energi, sebagian terbuang melalui saluran pembuangan dan sebagian terserap oleh material disekitar ruang bakar. Mesin dengan efisiensi tinggi memiliki kemampuan untuk konversi panas hasil pembakaran menjadi energi yang diubah gerakan mekanis, dengan hanya sebagian kecil panas yang terbuang.

Mesin selalu dikembangkan untuk mencapai efisiensi tertinggi, tetapi juga mempertimbangkan faktor ekonomis, daya tahan, keselamatan serta ramah lingkungan. Air pendingin dalam fungsinya sangat vital dalam menjaga kelancaran pengoperasian motor induk (P.Van Maanen, 2002, Motor Diesel Kapal, hal 8.1, Noutech).

Proses pembakaran yang berlangsung terus menerus dalam mesin mengakibatkan mesin dalam kondisi temperatur yang sangat tinggi. Temperatur sangat tinggi akan mengakibatkan desain mesin menjadi tidak ekonomis, sebagian besar mesin juga berada dilingkungan yang tidak terlalu jauh dengan manusia sehingga menurunkan faktor keamanan. Temperatur yang sangat rendah juga tidak terlalu menguntungkan dalam proses kerja mesin. Sistem pendingin digunakan agar temperatur mesin terjaga pada batas temperatur kerja yang ideal. Didalam sistem pendingin terdapat beberapa komponen yang berkerja secara berhubungan antara lain cooler, pompa sirkulasi air tawar, pompa air laut, stainer pada air laut, sea chest dan tangki ekspansi. Dari keempat komponen inilah yang sering menyebabkan kurang maksimalnya hasil pendinginan terhadap Motor Induk. Pendinginan motor induk dimaksudkan untuk menjaga kestabilan suhu pada bagian motor, sehingga tidak terjadi kenaikan suhu yang terlalu tinggi sebagai akibat dari pembakaran bahan bakar didalam silinder dan gesekan yang terjadi. Pendinginan motor juga dimaksudkan untuk mengurangi resiko terjadinya kerusakan.

Sistem pendingin mesin induk kapal berfungsi untuk menjaga suhu kerja mesin agar tetap optimal, mencegah overheating, dan memastikan kinerja yang efisien serta umur mesin yang lebih lama. Sistem ini umumnya menggunakan dua jenis pendingin, yaitu pendingin air tawar dan pendingin air laut. Air tawar digunakan sebagai media utama untuk menyerap panas dari mesin, sementara air laut berperan dalam menurunkan suhu air tawar melalui heat exchanger atau cooler. Pendinginan ini sangat penting karena mesin induk kapal bekerja dalam kondisi berat dengan beban tinggi dalam waktu lama, sehingga peningkatan suhu yang tidak terkendali dapat menyebabkan kerusakan komponen, penurunan efisiensi bahan bakar, dan potensi kegagalan mesin Arifin, M., et al. (2021).

Sistem pendingin mesin induk terdiri dari beberapa komponen utama, termasuk pompa pendingin, heat exchanger, pipa sirkulasi, termostat, dan sistem

kontrol suhu. Pompa pendingin memastikan sirkulasi air tawar dan air laut berjalan dengan lancar, sementara heat exchanger bertugas menukar panas dari air tawar ke air laut agar suhu tetap stabil. Termostat berfungsi mengatur aliran air pendingin berdasarkan kebutuhan suhu mesin, sehingga mencegah pendinginan berlebihan atau kurang. Efisiensi sistem pendingin sangat bergantung pada kebersihan heat exchanger dan kelancaran aliran air laut, karena penyumbatan akibat kerak, lumpur, atau organisme laut dapat mengurangi kemampuan pendinginan dan meningkatkan risiko overheating Brown, J. (2020). Oleh karena itu, pemeliharaan rutin sangat penting untuk memastikan sistem bekerja dengan baik dan mendukung operasi kapal yang aman serta efisien.

1. Fungsi dan Prinsip Kerja Sistem Pendinginan

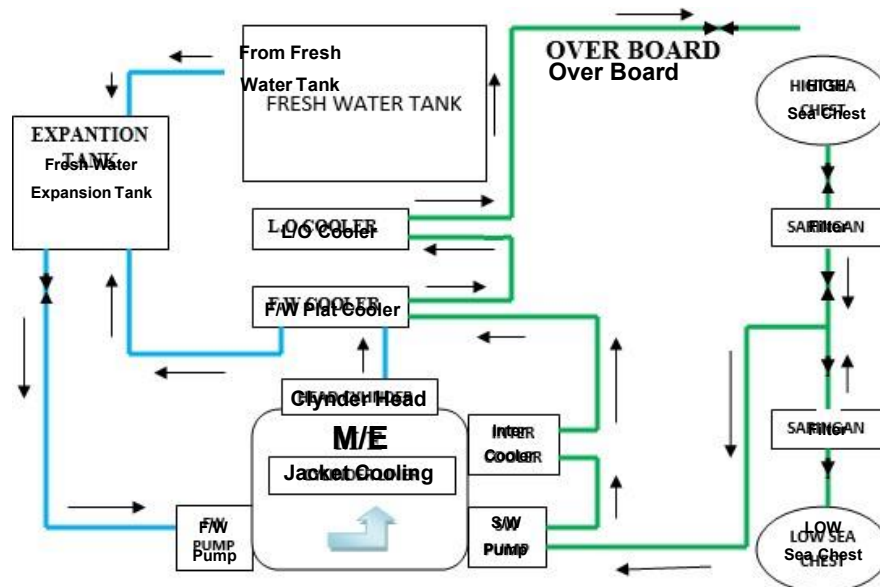
Sistem pendinginan pada mesin induk kapal memiliki fungsi utama untuk menjaga suhu operasi mesin agar berada dalam batas yang aman selama beroperasi. Proses pembakaran di dalam silinder mesin menghasilkan suhu yang sangat tinggi, dan tanpa pendinginan yang memadai, suhu ini dapat menyebabkan komponen mesin, seperti piston dan silinder liner, mengalami kerusakan akibat overheating. Sistem pendinginan membantu menyerap panas berlebih dari komponen mesin dan membuangnya ke lingkungan eksternal, sehingga mesin dapat terus beroperasi secara optimal dan mencegah terjadinya gangguan serius seperti retak atau deformasi komponen yang sensitif terhadap panas.

Secara prinsip, sistem pendinginan mesin induk bekerja dengan memanfaatkan fluida pendingin, seperti air tawar atau campuran cairan pendingin, yang mengalir melalui saluran-saluran khusus di sekitar komponen mesin yang paling panas. Fluida tersebut menyerap panas dari mesin dan kemudian dibawa ke heat exchanger atau radiator, di mana panasnya dipindahkan ke lingkungan luar, biasanya melalui air laut. Setelah proses pendinginan selesai, fluida akan bersirkulasi kembali untuk melanjutkan siklus pendinginan. Sistem ini beroperasi secara kontinu selama mesin bekerja, dengan bantuan pompa untuk menjaga aliran fluida pendingin agar tetap stabil.

2. Jenis-Jenis Sistem Pendinginan di Kapal

Sistem pendinginan mesin induk kapal terbagi menjadi dua jenis utama, yaitu sistem pendinginan langsung dan sistem pendinginan tidak langsung. Setiap jenis sistem memiliki karakteristik serta kelebihan dan kekurangannya masing-masing, tergantung pada jenis kapal dan kebutuhan operasional.

Gambar 1 Sistem Pendingin Mesin Induk



Sember: Adriyan A. P. (2022)

a. Sistem Pendinginan Langsung

Pada sistem ini, air laut langsung digunakan sebagai media pendingin yang dialirkan ke dalam jaket pendingin mesin. Sistem ini umum digunakan pada kapal-kapal kecil atau mesin dengan daya rendah, di mana kesederhanaan menjadi prioritas utama. Air laut yang dingin disalurkan ke mesin untuk menyerap panas dan kemudian dibuang kembali ke laut setelah proses pendinginan selesai. Keunggulan sistem pendinginan langsung terletak pada biaya operasional yang lebih rendah karena tidak membutuhkan komponen tambahan, seperti heat exchanger. Namun, kelemahannya adalah risiko tinggi terhadap korosi dan sedimentasi karena air laut yang mengandung garam serta partikel-partikel laut lainnya, yang dapat merusak komponen mesin jika tidak dirawat secara berkala Brown, P. (2020).

b. Sistem Pendinginan Tidak Langsung

Sistem ini menggunakan dua sirkuit terpisah, yaitu sirkuit air tawar dan sirkuit air laut. Air tawar digunakan sebagai fluida pendingin utama di dalam jaket pendingin mesin untuk menyerap panas, sementara air laut digunakan untuk mendinginkan air tawar tersebut melalui heat exchanger. Keuntungan sistem pendinginan tidak langsung adalah mengurangi risiko korosi karena air tawar yang bersirkulasi di dalam mesin, sehingga mesin tidak langsung bersentuhan dengan air laut yang korosif. Selain itu, sistem ini lebih efektif untuk kapal-kapal besar yang memiliki mesin dengan daya tinggi. Namun, sistem ini lebih kompleks dan memerlukan perawatan tambahan pada heat exchanger serta pompa yang menggerakkan sirkulasi air laut dan air tawar Budi, F. (2021).

C. Sea Chest Kapal

Jacket cooling system adalah sistem pendinginan utama yang digunakan pada mesin induk kapal, khususnya mesin diesel, untuk menjaga suhu operasi komponen internal mesin tetap stabil dan berada dalam batas kerja optimal. Sistem ini menggunakan air tawar dalam sirkulasi tertutup yang mengalir melalui saluran di sekitar komponen-komponen utama seperti *cylinder liner*, *cylinder head*, dan ruang bakar. Air tawar ini berfungsi sebagai media transfer panas untuk mengurangi suhu yang dihasilkan oleh proses pembakaran (Luo et al., 2021). 1. Prinsip Kerja

Sistem ini bekerja dengan cara mensirkulasikan air tawar ke dalam *water jacket*, yaitu ruang sempit yang mengelilingi dinding silinder mesin. Ketika mesin beroperasi, panas dari proses pembakaran diserap oleh air tawar tersebut. Air tawar yang telah panas kemudian dialirkan menuju *heat exchanger* di mana panasnya dipindahkan ke air laut sebagai media pendingin sekunder. Setelah suhu air tawar diturunkan, air tersebut dialirkan kembali ke mesin, sehingga membentuk satu siklus pendinginan tertutup.

Suhu kerja optimal untuk jacket water system biasanya berada di kisaran 75°C hingga 80°C. Untuk menjaga suhu ini tetap konstan, sistem dikontrol secara otomatis menggunakan katup termostatik (*thermostatic valve*) yang akan membuka atau menutup jalur aliran tergantung pada suhu aktual air pendingin (Stanivuk, Krvavica, & Dobrota, 2021).

Pengendalian suhu yang stabil sangat penting karena suhu terlalu rendah dapat menyebabkan incomplete combustion dan pembentukan karbon, sedangkan suhu terlalu tinggi dapat mempercepat degradasi komponen mesin (Abro et al., 2020).

2. Komponen-Komponen Utama

Komponen penting dalam sistem jacket cooling meliputi:

a. Jacket Water Pump

Pompa sentrifugal yang berfungsi mengedarkan air tawar ke seluruh bagian mesin, menjaga sirkulasi tetap stabil.

b. Water Jacket

Saluran atau ruang di sekitar silinder dan kepala silinder yang menjadi jalur utama penyerapan panas dari komponen mesin.

c. Thermostatic Valve

Katup otomatis yang mengatur arah aliran berdasarkan suhu air tawar. Bila suhu masih rendah, air akan diarahkan bypass heat exchanger. Bila suhu tinggi, air dialirkan ke heat exchanger untuk didinginkan.

d. Heat Exchanger (Plate or Shell-and-Tube Type)

Alat penukar panas yang memindahkan panas dari air tawar ke air laut, sehingga suhu air tawar turun sebelum kembali ke mesin.

e. Expansion Tank

Tangki ekspansi berfungsi menampung kelebihan volume air akibat pemuain serta menjaga tekanan dalam sistem tetap seimbang.

f. Filter Pendingin (Cooling Water Filter)

Menyaring partikel padat seperti karat, lumpur, atau kontaminan lain agar tidak menyumbat aliran air dan menjaga efisiensi sistem tetap optimal (Sahu et al., 2022).

3. Permasalahan Umum dalam Jacket Cooling System

Beberapa gangguan umum yang sering dijumpai dalam sistem ini antara lain:

a. Scaling

Terbentuknya endapan mineral seperti kalsium karbonat dan magnesium pada permukaan heat exchanger yang menurunkan efisiensi perpindahan panas. Masalah ini sering muncul akibat penggunaan air pendingin dengan tingkat kesadahan tinggi (Zhou et al., 2023).

b. Fouling

Akumulasi kotoran organik, minyak, biofilm, atau karat pada jalur aliran dan permukaan penukar panas yang menghambat sirkulasi pendingin.

c. Kerusakan Thermostatic Valve

Bila katup ini gagal bekerja, aliran pendingin menjadi tidak terkontrol, menyebabkan suhu terlalu tinggi atau terlalu rendah.

d. Kebocoran Internal atau Eksternal

Dapat menyebabkan kehilangan tekanan sistem, masuknya udara, dan terjadinya kavitasi pada pompa pendingin.

e. Sumbatan pada Filter

Filter yang tersumbat akan menghambat aliran pendingin, menyebabkan kenaikan suhu mendadak dan bisa memicu alarm mesin.

Menurut Luo et al. (2021), kegagalan sistem jacket cooling menyebabkan peningkatan konsumsi bahan bakar, karena mesin tidak bekerja dalam kisaran efisiensi termal optimal. Selain itu, suhu yang tidak stabil akan mempercepat keausan komponen seperti piston ring, cylinder liner, dan gasket, yang pada akhirnya menurunkan umur pakai mesin.

4. Perawatan dan Pencegahan

Untuk memastikan sistem jacket cooling tetap berfungsi optimal, langkah perawatan yang direkomendasikan antara lain:

- a. Pembersihan rutin heat exchanger dan filter pendingin untuk menghindari fouling dan scaling.
- b. Pengujian katup termostatik secara berkala untuk memastikan fungsi otomatisasi suhu berjalan baik.
- c. Pemeriksaan tekanan dan debit aliran menggunakan pressure gauge dan flow meter, untuk mendeteksi potensi kebocoran atau penyumbatan.
- d. Pemantauan kualitas kimia air pendingin, termasuk pH, hardness, dan konsentrasi inhibitor korosi, untuk mencegah korosi dan scaling (Hashemian, 2020).

Perawatan yang dilakukan secara teratur terbukti dapat menurunkan risiko kerusakan komponen mesin dan meningkatkan efisiensi termal sistem pendingin secara keseluruhan (Singh & Dutta, 2021).

D. Filter Pendingin Mesin Induk Kapal

Filter pada sistem pendingin memegang peran penting dalam menjaga efisiensi dan keandalan kinerja mesin induk kapal, khususnya dalam sistem sirkulasi pendingin air tawar atau air laut. Dalam sistem tertutup seperti *jacket cooling system*, keberadaan kontaminan dalam fluida pendingin tidak hanya menurunkan efisiensi perpindahan panas, tetapi juga dapat menyebabkan kerusakan pada komponen kritis seperti pompa, valve, dan *heat exchanger* (Zhou et al., 2022). Oleh karena itu, filter menjadi garda terdepan dalam mencegah masuknya partikel asing ke dalam sistem.

1. Penyebab Penyumbatan pada Sea Chest

Fungsi utama filter dalam sistem pendingin adalah untuk menyaring partikel padat seperti serpihan logam, pasir, karat, biofilm, dan sisa gasket yang terbawa oleh cairan pendingin. Partikel-partikel tersebut dapat menyebabkan fouling (penumpukan material pada permukaan), erosi pada pompa dan pipa, serta gangguan pada kontrol otomatis suhu mesin (Stanivuk et al., 2021).

Fungsi filter lebih lanjut dapat dirinci sebagai berikut:

a. Melindungi Pompa dan Komponen Sistem

Menjaga pompa sirkulasi dari keausan akibat partikel abrasif.

b. Menjaga Efisiensi Heat Exchanger

Permukaan perpindahan panas sangat sensitif terhadap kotoran.

Fouling akan menurunkan koefisien perpindahan panas secara drastis.

c. Menstabilkan Tekanan dan Aliran

Aliran yang bersih dan bebas hambatan menjaga tekanan tetap dalam batas desain sistem.

Jenis-jenis filter yang umum digunakan dalam sistem pendingin kapal meliputi:

a. Filter (Coarse Filter)

Ditempatkan pada inlet sistem untuk menyaring partikel besar (misal: karat, serpihan logam kasar).

b. Fine Filter

Berfungsi menyaring partikel mikro yang lolos dari Filter, umumnya terbuat dari elemen kain atau metal mesh halus.

c. Basket Filter

Memiliki elemen berbentuk keranjang yang dapat dilepas untuk dibersihkan secara manual.

d. Duplex Filter

Terdiri dari dua unit filter yang dapat digunakan secara bergantian. Didesain untuk memungkinkan pembersihan tanpa menghentikan aliran (ideal untuk operasi kapal nonstop).

Menurut penelitian oleh Sahu et al. (2022), penggunaan filter ganda (duplex) secara signifikan menurunkan *downtime* sistem pendingin karena memungkinkan perawatan dilakukan saat sistem tetap berjalan.

2. Permasalahan Akibat Filter yang Tersumbat

Filter yang tersumbat atau tidak dirawat dengan baik dapat menyebabkan berbagai masalah serius, seperti:

a. Penurunan Laju Aliran Pendingin (Flow Rate)

Mengurangi kapasitas pendinginan, yang mengakibatkan suhu kerja mesin naik secara berbahaya.

b. Overheating pada Komponen Mesin

Bagian mesin seperti *cylinder head* dan *liner* sangat rentan terhadap kerusakan akibat overheating.

c. Kavitasi Pompa

Bila tekanan di sisi hisap pompa turun akibat hambatan aliran, gelembung udara dapat terbentuk dan menyebabkan kerusakan mekanis pada impeller.

d. Kenaikan Tekanan Diferensial (ΔP):

Kenaikan tekanan antara sisi inlet dan outlet filter adalah indikator awal penyumbatan dan dapat dimonitor secara visual atau digital.

Studi oleh Chen et al. (2021) mencatat bahwa lebih dari 25% gangguan aliran pada sistem pendingin mesin diesel laut disebabkan oleh filter yang tersumbat. Bahkan, kontaminan seperti biofouling dan karat mampu menurunkan efisiensi termal sistem hingga 30%, yang berujung pada pemborosan bahan bakar dan potensi kerusakan mesin jangka panjang.

3. Praktik Perawatan Filter

Agar filter tetap berfungsi optimal, perawatan berkala sangat diperlukan. Praktik perawatan yang direkomendasikan antara lain: a. Pembersihan Rutin

Filter seperti Filter dan basket filter sebaiknya dibersihkan secara manual setiap 500 jam operasi atau sesuai rekomendasi pabrikan.

b. Monitoring Tekanan Inlet & Outlet

Selalu periksa *pressure gauge* di kedua sisi filter. Perbedaan tekanan yang signifikan menunjukkan awal penyumbatan.

c. Penggantian Elemen Filter

Filter yang mengalami deformasi, retak, atau aus tidak boleh digunakan kembali karena berpotensi gagal menyaring kontaminan.

d. Penggunaan Chemical Dosing (Terutama untuk Air Laut)

Penambahan bahan kimia antiskaling dan antibiofouling dapat mengurangi pembentukan endapan keras dan mikroorganisme pada filter dan jalur pendingin.

Menurut Luo et al. (2021), penerapan manajemen filter berbasis kondisi (*condition-based maintenance*) mampu meningkatkan efisiensi sistem pendingin hingga 15–20%, terutama di lingkungan laut tropis yang memiliki kandungan organisme laut tinggi, seperti wilayah Bintulu Sarawak Malaysia.

Penting juga dilakukan pencatatan (*maintenance log*) setiap kali filter dibersihkan atau diganti. Catatan ini akan menjadi data historis yang berguna untuk evaluasi pola fouling dan perencanaan *predictive maintenance*.

Filter air laut pada kapal adalah salah satu komponen penting dalam sistem isap air laut yang berfungsi untuk menyaring kotoran dan partikel padat dari air laut sebelum dialirkan ke sistem-sistem vital, seperti sistem pendingin mesin, sistem ballast, atau pemadam kebakaran. Filter ini biasanya dipasang setelah sea chest dan sebelum pompa isap agar air laut yang masuk ke sistem dalam keadaan bersih dan bebas dari benda asing yang dapat menyebabkan kerusakan atau penyumbatan.

Gambar 2 Sea Water Filter Basket



Sumber: <https://www.brotherfiltration.com/Filter-basket>

Filter terdiri dari sebuah rumah (housing) dan elemen saringan (filter element) yang terbuat dari bahan tahan korosi seperti baja tahan karat atau kuningan. Bentuk Filter bisa bervariasi, namun yang umum digunakan adalah jenis basket Filter, yaitu Filter dengan elemen saringan berbentuk keranjang yang dapat dilepas dan dibersihkan dengan mudah. Proses penyaringan dilakukan secara mekanis, di mana air laut melewati elemen saringan dan partikel kotoran tertinggal di dalamnya. Penyaringan ini sangat penting terutama pada kapal yang beroperasi di perairan yang mengandung banyak lumpur, rumput laut, atau organisme kecil lainnya.

Perawatan Filter meliputi pembersihan berkala untuk mencegah penyumbatan dan menjaga laju aliran air laut tetap optimal. Pembersihan dilakukan dengan membuka tutup Filter dan mengangkat elemen saringan untuk dibersihkan dari kotoran yang menumpuk. Jika perawatan tidak dilakukan secara rutin, tekanan isap pompa dapat terganggu, menyebabkan aliran air laut tidak mencukupi untuk mendinginkan mesin atau menjalankan sistem lain yang bergantung pada air laut. Oleh karena itu, Filter air laut memainkan peran kritis dalam menjaga keandalan sistem kelautan di atas kapal.

1. Jenis-Jenis Filter Air Laut pada Kapal

Filter air laut merupakan komponen vital dalam sistem isap air laut pada kapal, yang berfungsi untuk menyaring benda asing atau partikel kotoran dari air laut sebelum dialirkan ke sistem lain seperti pendingin mesin, ballast, dan fire fighting. Berdasarkan desain dan fungsinya, Filter pada kapal dibedakan menjadi beberapa jenis: a. Basket Filter

Basket Filter adalah jenis yang paling umum digunakan pada kapal. Filter ini memiliki elemen saringan berbentuk keranjang (basket) yang dipasang secara vertikal dalam rumah Filter. Elemen ini dapat dilepas dengan mudah untuk dibersihkan secara manual. Basket Filter dirancang untuk menyaring partikel dengan ukuran sedang hingga besar, seperti serpihan karang, daun laut, dan lumpur kasar. Jenis ini sangat cocok digunakan pada saluran air laut bertekanan rendah hingga sedang, seperti jalur masuk ke sistem pendingin mesin induk atau mesin bantu.

b. Y-Filter

Y-Filter memiliki bentuk rumah saringan menyerupai huruf “Y”. Desain ini memungkinkan aliran air tetap lancar dengan tahanan minimal terhadap tekanan. Y-Filter umumnya digunakan pada pipa berdiameter kecil hingga menengah, dan cocok untuk menyaring partikel halus. Kelebihan dari Y-Filter adalah ukurannya yang lebih kompak dan fleksibel dalam pemasangan, bisa secara horizontal maupun vertikal. Namun, elemen penyaringnya tidak semudah basket Filter dalam hal pelepasan dan pembersihan, sehingga lebih cocok untuk sistem dengan tingkat kontaminasi yang tidak terlalu tinggi.

c. Duplex Filter

Duplex Filter terdiri dari dua unit saringan yang dihubungkan dalam satu sistem dengan katup pengalihan. Jenis ini memungkinkan pergantian aliran dari satu Filter ke Filter lainnya tanpa harus menghentikan aliran air. Sistem ini sangat berguna dalam operasi kapal yang tidak boleh terganggu, seperti pendinginan mesin utama atau generator listrik. Ketika salah satu saringan perlu dibersihkan, operator cukup mengalihkan aliran ke saringan cadangan. Dengan demikian, perawatan bisa dilakukan tanpa mematikan sistem, menjaga efisiensi dan keamanan operasional kapal.

d. Automatic Self-Cleaning Filter

Automatic self-cleaning Filter merupakan teknologi modern yang dilengkapi dengan sistem pembersihan otomatis menggunakan tekanan balik (backflush) atau penyikat internal. Filter ini sangat cocok digunakan pada kapal besar atau sistem dengan kebutuhan air laut yang sangat tinggi dan terus-menerus, seperti kapal tanker atau kapal perang. Sistem ini secara otomatis membersihkan elemen saringannya saat mendeteksi penurunan tekanan akibat penyumbatan, sehingga mengurangi beban kerja kru dan menjaga sistem tetap berjalan dalam kondisi optimal.

2. Perawatan Filter Air Laut

Perawatan Filter air laut merupakan langkah penting untuk menjamin kelancaran dan keandalan sistem yang bergantung pada suplai air laut. Filter yang tidak dirawat dengan baik dapat menyebabkan berbagai masalah, seperti overheat pada mesin, kerusakan pada pompa, atau bahkan shutdown sistem secara tiba-tiba.

a. Pemeriksaan Rutin

Pemeriksaan Filter sebaiknya dilakukan setiap hari atau sesuai dengan jadwal operasional mesin. Tujuannya adalah untuk mendeteksi dini adanya penyumbatan, kerusakan, atau penurunan debit air yang dapat memengaruhi kinerja sistem. Pemeriksaan visual bisa dilakukan melalui indikator tekanan atau pengamatan langsung pada aliran dan suara pompa.

b. Pembersihan Elemen Saringan

Pembersihan merupakan langkah paling umum dalam perawatan Filter. Proses ini dilakukan dengan membuka penutup Filter, mengeluarkan elemen saringan, dan mencuci kotoran atau endapan yang menempel dengan air tawar atau disikat secara manual. Pembersihan sebaiknya dilakukan lebih sering jika kapal beroperasi di perairan dengan tingkat kontaminasi tinggi, seperti muara sungai, pelabuhan, atau perairan tropis yang kaya organisme laut.

c. Pengecekan Kondisi Segel dan Baut Penutup

Setelah pembersihan, penting untuk memastikan kembali bahwa semua sambungan, baut, dan segel (gasket) dalam kondisi rapat dan tidak bocor. Segel yang aus atau kaku dapat menyebabkan kebocoran air atau

bahkan masuknya udara ke dalam sistem isap (air lock), yang akan mengganggu aliran air laut dan merusak pompa.

d. Penggantian Komponen yang Rusak

Jika elemen saringan rusak, berlubang, atau sudah tidak dapat menyaring dengan baik, maka harus segera diganti. Penggunaan elemen saringan yang rusak akan memungkinkan partikel asing masuk ke dalam sistem, yang berpotensi menyumbat saluran air di dalam heat exchanger atau merusak pompa. Komponen lain seperti gasket atau penutup juga perlu diganti jika menunjukkan tanda-tanda keausan atau korosi.

e. Pencatatan dan Dokumentasi

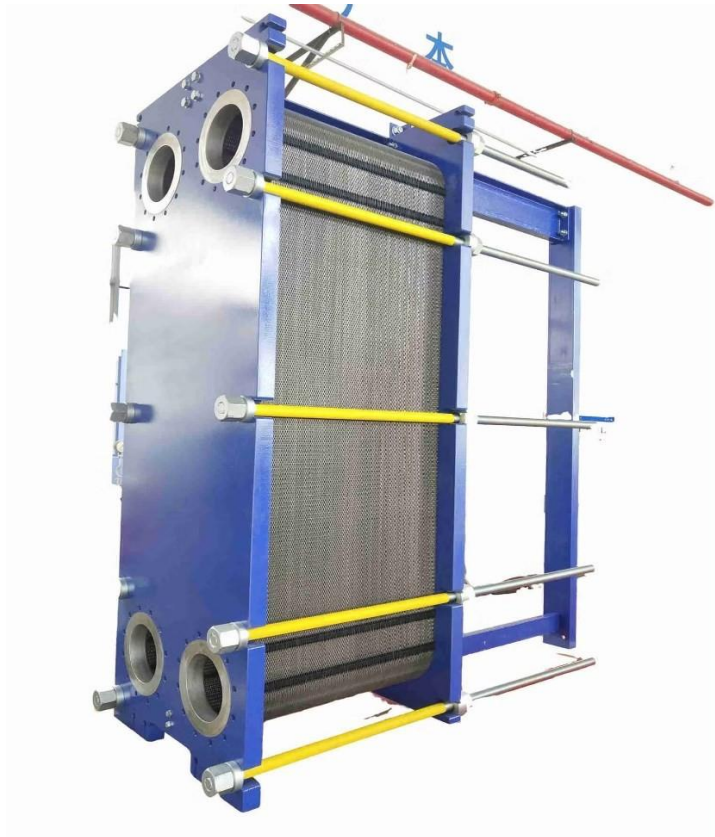
Seluruh aktivitas perawatan sebaiknya dicatat dalam log book perawatan kapal. Hal ini penting untuk memantau frekuensi pembersihan, pola penyumbatan, serta mempermudah evaluasi kondisi operasional Filter dalam jangka panjang. Dokumentasi yang baik juga dapat digunakan sebagai dasar untuk menentukan kapan Filter perlu diperbarui atau ditingkatkan kapasitasnya.

E. Heat Exchanger di Kapal (Plate Type)

1. Pengertian Heat Exchanger

Heat exchanger adalah perangkat yang dirancang untuk memindahkan panas dari satu fluida ke fluida lainnya tanpa mencampurkan kedua fluida tersebut secara langsung. Di lingkungan kapal, heat exchanger memiliki peranan yang sangat penting dalam menjaga suhu sistem permesinan tetap berada pada kisaran yang ideal. Sistem permesinan di kapal, seperti mesin induk, generator, sistem pelumasan, dan air pendingin, menghasilkan panas dalam jumlah besar yang harus dibuang secara efisien untuk menghindari overheating. Salah satu metode yang paling umum digunakan untuk membuang panas tersebut adalah dengan memanfaatkan heat exchanger yang menggunakan air laut sebagai media pendingin alami.

Gambar 3 Plate Type Heat Exchanger



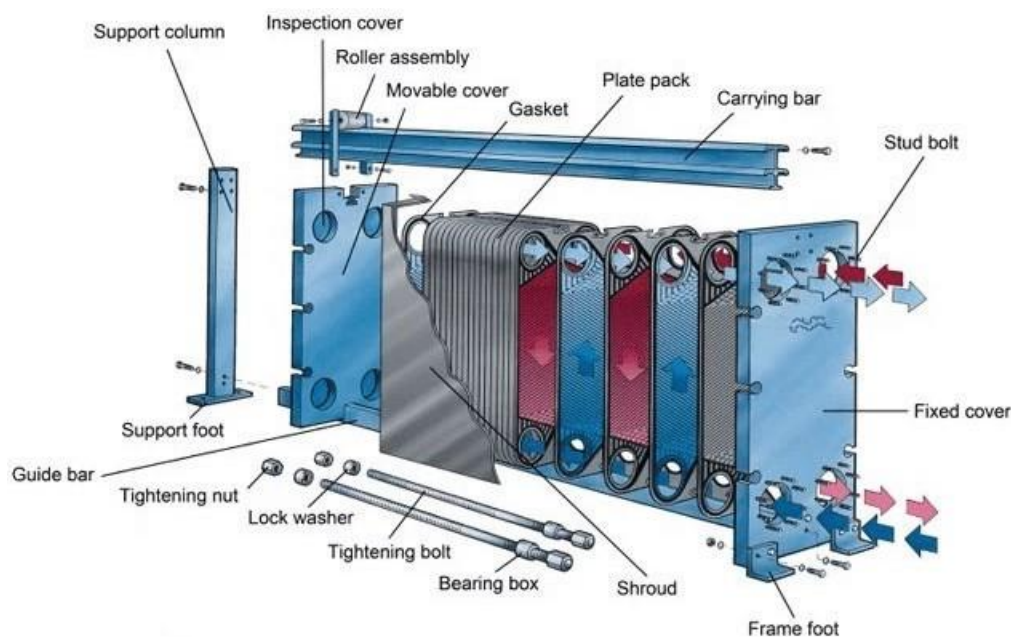
Sumber: <https://id.exheatindustries.com>

Di antara berbagai jenis heat exchanger, plate type heat exchanger merupakan pilihan populer dalam industri perkapalan karena efisiensinya yang tinggi, ukuran yang relatif kompak, serta kemudahan dalam perawatan. Tipe ini sering digunakan untuk sistem pendinginan air tawar (freshwater cooling) pada mesin induk, mesin bantu, dan sistem lainnya yang memerlukan stabilitas suhu operasional.

2. Prinsip Kerja Plate Type Heat Exchanger

Plate type heat exchanger bekerja berdasarkan prinsip perpindahan panas secara konduksi dan konveksi, di mana dua fluida dengan suhu berbeda mengalir melalui kanal-kanal sempit yang dibentuk oleh serangkaian pelat logam tipis yang tersusun berlapis-lapis. Pelat-pelat tersebut disusun dalam rangka yang kokoh dan dijepit oleh baut penjepit di kedua sisinya, membentuk ruang aliran bergantian bagi masing-masing fluida.

Gambar 4 Konstruksi Plat Type Heat Exchanger



Sumber: <https://id.heatexchangersgasket.com>

Satu fluida (misalnya air tawar panas dari mesin) dialirkan melalui kanal-kanal ganjil, sementara fluida kedua (air laut dingin) dialirkan melalui kanal-kanal genap. Karena pelat sangat tipis dan memiliki luas permukaan yang besar, panas dari air tawar akan dengan cepat ditransfer ke air laut melalui pelat, tanpa terjadi pencampuran antara keduanya. Aliran yang terjadi umumnya bertipe counter-flow, di mana arah aliran kedua fluida saling berlawanan, meningkatkan efisiensi perpindahan panas secara signifikan.

Pelat yang digunakan biasanya berbahan stainless steel, titanium, atau Hastelloy, tergantung pada ketahanan terhadap korosi dan karakteristik fluida yang digunakan. Sementara itu, antara pelat satu dengan lainnya terdapat gasket khusus yang berfungsi untuk menyegel dan mengarahkan jalur aliran fluida secara presisi. Gasket ini juga membantu mencegah terjadinya kebocoran atau pencampuran antara air tawar dan air laut.

3. Keunggulan Plate Type Heat Exchanger di Kapal

Plate type heat exchanger memiliki sejumlah keunggulan yang membuatnya sangat cocok digunakan di kapal, antara lain:

a. Efisiensi perpindahan panas tinggi

Karena luas permukaan pelat yang besar, perpindahan panas antar fluida berlangsung sangat cepat. Efisiensi ini jauh lebih tinggi dibandingkan jenis shell and tube dengan ukuran yang sama.

b. Desain modular dan kompak

Plate type heat exchanger memiliki desain yang ringkas dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Jumlah pelat dapat ditambah atau dikurangi dengan mudah untuk menyesuaikan kapasitas pendinginan.

c. Kemudahan dalam pemasangan dan perawatan

Unit ini dapat dibongkar dengan cepat. Pembersihan dan inspeksi dapat dilakukan tanpa alat berat atau tenaga khusus, cukup dengan membuka baut penjepit dan melepas pelat.

d. Biaya operasional yang lebih rendah

Dengan efisiensi tinggi dan perawatan yang relatif mudah, plate type heat exchanger membantu mengurangi konsumsi energi dan memperpanjang usia sistem pendingin kapal secara keseluruhan.

4. Tantangan dan Kekurangan

Meskipun memiliki banyak keunggulan, plate type heat exchanger juga memiliki beberapa tantangan teknis, seperti:

a. Sensitif terhadap penyumbatan
Celah antar pelat sangat sempit, sehingga kotoran atau endapan dari air laut (seperti lumpur, organisme laut, atau garam) dapat menyebabkan penyumbatan jika tidak dilakukan penyaringan atau perawatan yang baik.

b. Ketergantungan pada kondisi gasket

Gasket menjadi komponen krusial. Jika gasket rusak, maka potensi kebocoran sangat tinggi. Oleh karena itu, pemeriksaan dan penggantian gasket secara berkala sangat penting.

c. Tidak cocok untuk tekanan sangat tinggi

Plate heat exchanger memiliki batas tekanan dan suhu operasi tertentu. Untuk aplikasi dengan tekanan atau suhu ekstrem, tipe shell and tube mungkin lebih disarankan.

5. Perawatan Plate Type Heat Exchanger

Perawatan rutin sangat penting untuk menjaga efisiensi kerja dan mencegah kerusakan pada plate type heat exchanger. Berikut langkah-langkah perawatannya:

a. Pembersihan internal pelat

Dilakukan secara berkala dengan membongkar unit dan membersihkan pelat menggunakan sikat halus atau larutan pembersih kimia (chemical cleaning) untuk menghilangkan kerak, garam, dan kotoran laut yang menempel.

b. Pemeriksaan dan penggantian gasket

Gasket harus diperiksa untuk mendeteksi keretakan, getas, atau perubahan bentuk. Gasket yang rusak dapat menyebabkan kebocoran atau pencampuran fluida, yang bisa berbahaya bagi sistem.

c. Inspeksi pelat terhadap korosi atau keretakan

Pelat yang mengalami korosi atau retak harus diganti. Korosi dapat menyebabkan kebocoran silang (cross-contamination) yang mengganggu performa pendinginan dan berisiko tinggi terhadap keselamatan mesin.

d. Pengencangan ulang rangka dan baut penjepit

Baut penjepit dapat mengalami pelonggaran akibat getaran dan siklus termal. Pengencangan ulang perlu dilakukan untuk menjaga tekanan kontak antar pelat tetap optimal.

e. Pencatatan dalam buku harian perawatan (maintenance log)

Setiap aktivitas perawatan harus dicatat, termasuk waktu, jenis perawatan, temuan, dan tindakan yang diambil. Ini membantu dalam pemantauan jangka panjang dan menganalisis pola kerusakan.

6. Aplikasi Plate Type Heat Exchanger di Kapal

Di atas kapal, plate type heat exchanger biasanya digunakan dalam sistem-sistem berikut:

a. Pendinginan air tawar mesin induk dan mesin bantu

Menjaga suhu kerja mesin agar tetap stabil dan tidak overheat.

b. Pendinginan intercooler dan jacket water

Digunakan untuk menjaga suhu udara masuk pada mesin diesel serta air jacket yang menyelimuti silinder.

c. Pendingin oli pelumas (lube oil cooler)

Menurunkan suhu minyak pelumas sebelum kembali ke mesin.

d. Sistem HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning) Digunakan dalam unit AC kapal untuk efisiensi pendinginan.

Plate type heat exchanger memainkan peranan vital dalam sistem pendingin kapal modern. Dengan efisiensi perpindahan panas yang tinggi, desain yang kompak, serta kemudahan dalam perawatan, jenis ini telah menjadi pilihan utama dalam sistem kelistrikan dan permesinan kapal. Namun, keberhasilan pemanfaatannya sangat bergantung pada perawatan yang disiplin dan pemahaman teknis terhadap cara kerjanya. Pemilihan bahan pelat, kualitas gasket, serta pengendalian kualitas air laut yang masuk menjadi faktor-faktor kunci dalam menjaga kinerja dan keandalan jangka panjang dari heat exchanger ini.

F. Kerangka Pikir Penelitian

